

# 30AF 차단기 순시 Trip 동작 특성분석을 통한 저압차단기의 안전성 개선방안

(A Safety Improvement of Low Voltage Circuit-breakers through Analysis of  
Instantaneous Trip Characteristics of 30AF Circuit-Breakers)

김주철\* · 임정균\*\* · 이상중\*\*\*

(Ju-Chul Kim · Jeong-Kyun Lim · Sang-Joong Lee)

## Abstract

The domestic 30AFs that are currently being produced show many problems due to different instantaneous trip characteristics in case of short-circuit. The troubles may cause explosion by excessive short-circuit capacities and arc emission, which results in a wide range of blackout. The function and safety of the low voltage circuit breakers installed before the end load are very important. This paper presents an idea on the safety improvement of the low voltage circuit-breakers through the analysis of instantaneous trip characteristics of domestic 30AF circuit-breakers.

Key Words : 30AF Circuit-Breakers, Low Voltage Circuit-Breakers, Instantaneous Trip Characteristics, Rated Short-Circuit Breaking Capacities

## 1. 서 론

저압전로에 사용하는 정격전압 AC 220[V], 30AF (Ampere Frame)이하, 정격단락차단용량 1.5[kA] 및 2.5[kA]의 차단기는 전기사용 최종부하의 전단에 설치된다. 이는 과부하 및 단락, 인체감전보호용으로 전체 차단기수요에서 많은 부분을 차지한다. 제조기술

의 발달로 외형은 소형화되었고 전기사용증가 및 부하의 대형화로 정격단락차단용량은 증가되었다.

한국전기안전공사의 전기재해 통계자료에서 2007년 총 전기화재발생 건 중 단락에 의한 화재가 5,264건으로 전체 전기화재의 57.7[%](2008년 60.9[%])를 차지하고 있다[1]. 사고요인에는 작업자의 실수, 설계오류, 설치불량 및 제품특성 미비 등이 있다. 그 중 제품특성으로 인해 발생하는 직접적인 단락사고는 차단기의 순시 트립 성능개선을 통하여 예방이 가능하다.

본 논문에서는 차단기 사고 발생유형에 대해 알아본 후 제조사별 차단기 6종에 대한 순시특성을 시험하였고 추가적인 순시시험을 통해 단락전류와의 연관성을 검토하였다. 또한 국내외 차단기 표준비교 및 저압차단기의 순시특성 개선안을 제시하였다.

\* 주저자 : 상도전기통신(주) 부설연구소 소장

\*\* 주저자 : (주)준영이엔씨 사장

\*\*\* 교신저자 : 서울과학기술대학교 전기공학과 교수

Tel : 02-990-5539, Fax : 02-906-0228

E-mail : cjfwnxkq@hanmail.net

접수일자 : 2009년 6월 11일

1차심사 : 2009년 6월 15일

2차심사 : 2010년 9월 27일

심사완료 : 2010년 10월 4일

## 2. 본 론

### 2.1 차단기로 인한 사고유형

순시 트립장치가 없는 차단기에서 단락전류로 인한 사고가 발생하며, 이는 화재 및 인명에 큰 위험을 초래한다. 표 1은 2008년 7월 인천에서 발생한 차단기에 의한 사고유형이다.

표 1. 차단기의 사고유형  
Table 1. Fault types of circuit breakers

구 분	사 고 유 형
재투입	합선상태에서 다수의 작업자가 수차례 전원을 재투입하는 경우 아크 방출 및 차단기 소손.(화상 및 화재발생)
단락차단 용량초과	예상단락전류의 크기보다 큰 전류 유입 시 차단기 트립동작과 함께 내구성 손상으로 인해 아크 방출 및 차단기 소손.(화상 및 화재발생)
선택차단	단락전류 유입 시 분기차단기보다 상위 차단기가 먼저 트립 동작하여 정전사고 확대.(정전범위 확대)

재투입 또는 단락차단용량 초과로 인해 발생하는 소손은 여러 가지 사고유형으로 나타난다. 단락차단용량 초과 시 용량에 따라 즉시 소손되거나 트립 동작 중에 소손이 된다. 그림 1은 단락차단용량 초과로 인해 소손된 배선용차단기의 내부사진과 저압 주택용 분전반 사진이다.

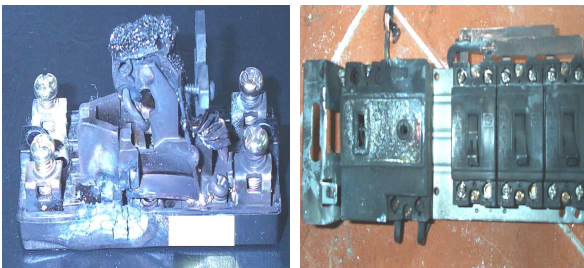


그림 1. 소손된 배선용차단기와 저압 주택용 분전반  
Fig. 1. A damaged household-use MCCB and low voltage panel board

### 2.2 차단기 순시 트립장치의 역할

#### 2.2.1 단락전류 조건하에서의 협조

단락전류 조건하에서 순시특성을 고려해야만 분기 차단기와 상위차단기간 상호협조를 보장한다. 그림 2는 차단기에 의한 후비보호 특성으로 선택차단 특성 조건을 나타낸 것이다.

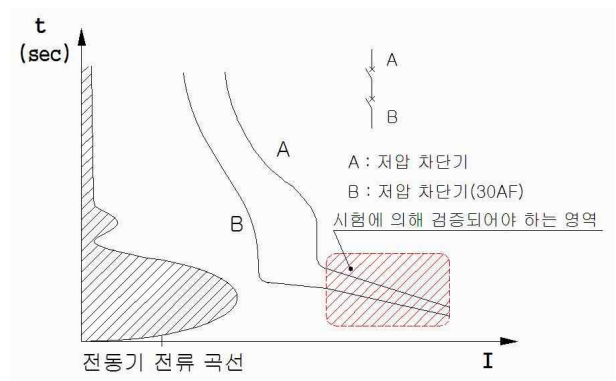


그림 2. 차단기에 의한 후비보호 특성  
Fig. 2. Back-up protection characteristics by CB

30AF 소형 차단기는 그림 2와 같은 순시특성 곡선으로 인한 선택차단이 가능해야하며 극한단락구간의 차단속도를 고려하여야 한다.

#### 2.2.2 단락전류 제한

단락전류를 제한하기 위해 전자력을 이용한 순시 트립 장치가 차단기 각 극에 적용되어야 하며, 차단속도를 증가시키는 Moving구조(점점 고정부)를 가져야 한다. 이러한 경우 단락차단용량을 증가시킬 수 있으며 예상단락전류의 크기보다 큰 전류유입에도 일정범위 내에서 견딜 수 있다.

### 2.3 표준 검토

#### 2.3.1 표준별 순시시험 기준

표 2는 국내에 적용되고 있는 KS C 및 IEC 표준별 순시시험 기준이다[2-5]. KS C IEC 60898-1/61009-1은 기준 순시범위이며 기타는 제조자가 제시한 순시에 따른 기준이다.

### 30AF 차단기 순시 Trip 동작 특성분석을 통한 저압차단기의 안전성 개선방안

표 2. 차단기 표준별 순시시험 기준  
Table 2. Instantaneous test standards according to CB specifications

구분	표준		
	KS C 8321	KS C IEC 60898-1/61009-1	KS C IEC 60947-2
적용 대상	225AF 이상	125[A] 이하	AC 1,000[V] 이하
순시 동작 특성 조건	설정범위  하한-0.1초 이내 비트립  상한-0.1초 이내 트립	기준 순시범위 B형 3~5 $I_n$ C형 5~10 $I_n$ D형 10~50 $I_n$  하한-0.1초 이내 비트립  상한-0.1초 이내 트립	설정범위  하한-0.2초 이내 비트립  상한-0.2초 이내 트립

차단기 순시시험은 KS C 8321 표준에서 225AF이상만 적용하고 있다. 본 논문과 관련된 소형 30AF 차단기의 경우 표준에 의한 순시시험은 적용되지 않는다.

#### 2.3.2 차단기 설치

설치장소에 따라 차단기는 가정용과 산업용으로 분리된다. 가정용은 KS C IEC 60898-1/61009-1 표준의 B형 또는 C형이 설치되고 산업용은 KS C IEC 60947-2 표준의 제품이 설치된다. 산업용 분기차단기를 상위차단기와 선택차단이 가능하도록 KS C IEC 60898-1/61009-1 표준의 차단기를 설치하여야 한다.

### 2.4 제조사별 순시동작 시험결과 고찰

#### 2.4.1 시험방법

차단기 순시동작 시험은 KS C IEC 60947-2를 적용, Open측정하였다[5]. KS C 4613 인증제품으로 정격전류( $I_n$ ) 20[A], 25[kA], 30[mA], 0.03초를 각 제조사별로 테스트하였다. 시험전류는 개별 극 및 각 극의 2차를 연결한 상태에서 인가하는 방식이다. 그림 3은 차단기 시험전류 적용방법을 나타낸 그림이다.

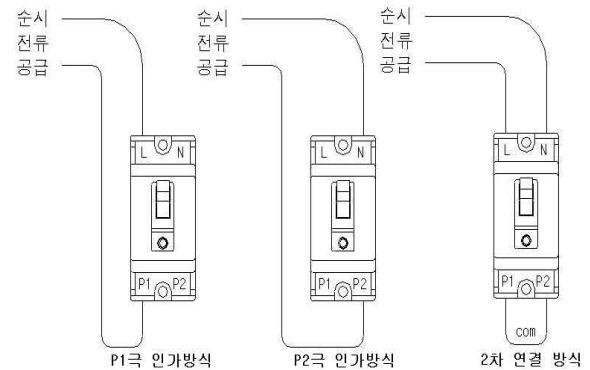


그림 3. 시험전류 적용방법  
Fig. 3. Application of test current

시험전류는 300[A]의( $15 I_n$ ) 80[%]인 240[A]와(하한) 120[%]인 360[A]를(상한) 차단기의 2차 측을 공통으로 연결 후 인가하고 130[%]인 390[A]는(상한) 각 극에 인가하였다[5].

#### 2.4.2 제조사별 순시동작 시험결과 및 분석

순시동작 시험결과는 차단기에 시험전류 인가시점부터 차단까지의 시간을 나타낸 것이다. 그림 4는 제조사별 동작시간 시험결과이다.

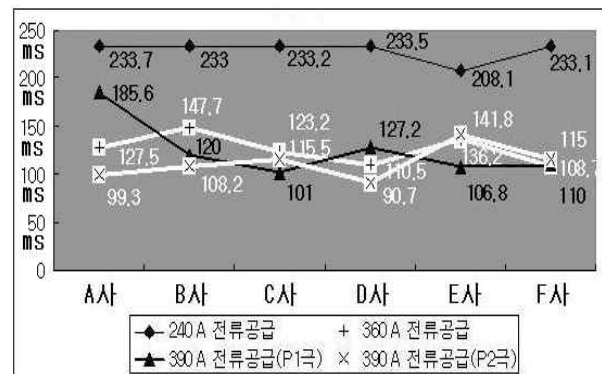


그림 4. 제조사별 동작시간 결과  
Fig. 4. Operating time results of CB manufacturers

시험결과 차단기 순시동작 트립범위는 정격전류의 14~15배로 KS C IEC 60947-2 표준을 만족하였다. 제조사별 순시 트립 전체 동작범위는 12~19배 사이에 동작하고 순시범위 및 동작시간 편차가 크다. 소형 30AF의 경우 바이메탈(열동식)만으로 동작을 하기 때

문에 전류증가 시 동작속도의 감소폭은 열동전자식에 비해 작다.

순시범위를 정격전류의 15배로 적용하면,

$$30AF \text{ 정격전류 } 20[A] \times 15 = 300[A] \quad (1)$$

50AF 제조사별 순시특성은 정격전류의 9~14배로 순시동작 범위 및 동작시간 편차가 30AF보다 작다. 트립방식은 Oil Dash Pot 방식으로 각 상마다 순시 트립장치가 있고 연속적인 단락전류에 기계적인 변동성이 낮아 30AF보다 동작속도가 일정하다.

순시범위를 정격전류의 11배로 적용하면,

$$50AF \text{ 정격전류 } 30[A] \times 11 = 330[A] \quad (2)$$

$$50AF \text{ 정격전류 } 20[A] \times 11 = 220[A] \quad (3)$$

순시범위 내 전류 유입상태에서 식 (1)과 (3)의 전류를 비교하면 50AF 차단기가 낮은 전류에 동작함을 알 수 있다.

### 2.4.3 1,000[A] 전류에 대한 순시동작 시험 결과 및 분석

제조사별로 정격전류 20[A]의 누전차단기 3종에 시험전류 1,000[A]를 P1극에 인가하였다. 그림 5는 제조사별 동작시간 시험결과이다.

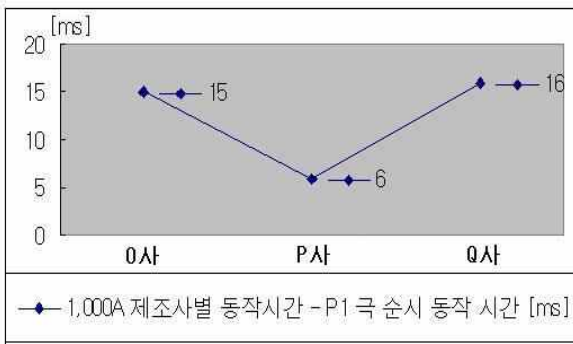


그림 5. 제조사별 동작시간 결과  
Fig. 5. Operating time results of CB manufacturers

시험전류 1,000[A] 유입에 따른 동작특성을 분석한 결과 별도의 순시 트립장치가 있는 P사의 P1극이 6[ms]에 동작하였다. 그림 6은 P사 시험결과 자료이다.

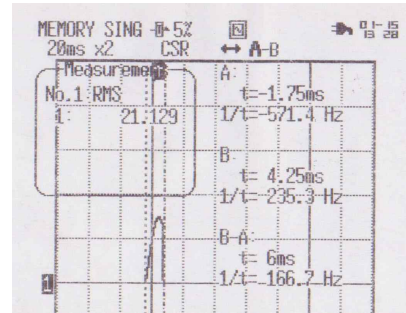


그림 6. P사 제품 1,000[A] 동작시간 데이터  
Fig. 6. Operating time data of 'P' manufacturer's 1,000[A] CB

그림에서 A는 시험전류를 인가한 시점의 시간이고 B는 전류공급이 차단된 시간이며 B-A는 전체시간이다. 그림 7은 국외제품에 대한 동작시간 시험결과이다.

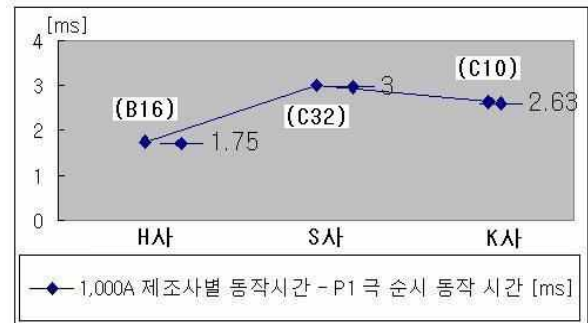


그림 7. 국외제품 동작시간 결과  
Fig. 7. Operating time results of foreign CB manufacturers

순시시험 결과 H사의 B16이 1.75[ms]에 동작을 하였다. B형(3~5 I<sub>n</sub>)의 순시가 C형(5~10 I<sub>n</sub>)보다 빠름을 확인할 수 있다. 국내제품의 순시특성을 분석한 결과, 국외제품과의 동작속도 차이가 크다. 순시장치 및 기구 부 설계가 국외제품과 다른 것으로 이는 KS와 IEC표준의 단락성능 기준이 다르다는 의미이다. 그림 8은 H사 시험결과 자료이다.

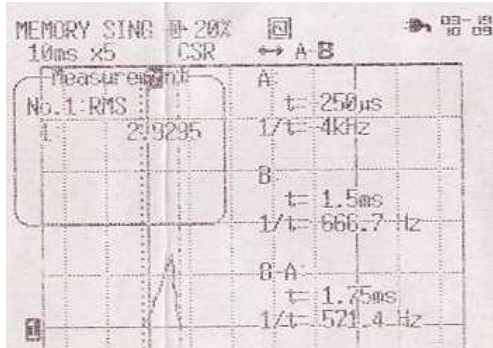


그림 8. H사 제품 1,000[A] 동작시간 데이터  
Fig. 8. Operating time data of 'H' manufacturer's 1,000[A] CB

### 2.5 각상에 순시장치를 부착한 시작품의 순시동작 시험 및 결과

각 극에 순시기능이 가능한 누전차단기 시작품을 제작하였다. 제작된 차단기의 순시장치는 코일방식이며 사각형의 코일을 사용하여 차단기 내부설치공간을 확보하였다. 그림 9는 각 극에 순시장치가 내장된 시작품 사진이다.

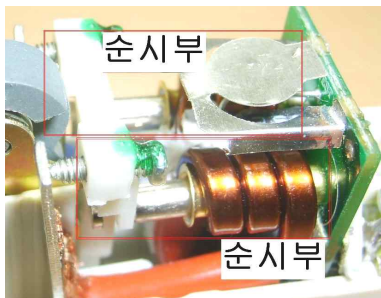


그림 9. 순시장치가 내장된 시작품  
Fig. 9. Prototype CB containing instantaneous device

시작품의 각 극에 시험전류 1,000[A]를 인가하여 순시동작시간을 측정된 결과, 그림 6의 순시시험 결과보다 빠른 3.75[ms]에 동작을 하였다. 순시장치의 형태 및 하중에 따라 동작속도의 차이가 발생한다. 따라서 기준순시범위를 고려한 순시장치 및 내부 공간 확보를 통하여 성능개선이 가능하다. 표 3은 시작품 시험 결과이다.

표 3. 시작품 1,000[A] 동작시간 데이터  
Table 3. Operating time data of 1,000[A] prototype CB

종류	시험 전류	Trip-time[ms]	
시작품	1,000 [A]	P1 : 3.75 [ms]	
		P2 : 4 [ms]	

### 3. 결 론

본 논문에서 순시시험 결과를 토대로 순시성능을 개선한 시작품을 제작하여 테스트하였다. 분석결과 다음과 같은 결론 및 개선안을 얻을 수 있었다. 첫째, 차단기 성능은 제조자가 제시한 순시와 기준순시의 차이에서 발생하므로 각 극에 순시 트립 기능이 가능해야 한다. 차단기 내부 각 극에 순시 트립장치 설치 시 누전동작용 코일을 트립바 반대방향(차단기 하부)에 설치, 내부공간을 확보하는 경우 가능하다. 둘째, 선택차단을 적용하려면 극한단락 구간의 동작속도가 누전 및 배선용차단기 표준의 표시항목에 포함되어야 한다. 셋째, 시작품 내부의 Core 및 트립하중, 코일권수를 조정하는 경우, 시험결과보다 빠른 순시동작이 가능하였다. 본 시험의 결과를 토대로 순시 단락차단 특성이 필요한 소자 및 장치, 소형 30AF 차단기의 신뢰성, 안전성확보가 기대된다.

## References

- [1] 전기재해통계분석, 2008 제17호, 한국전기안전공사, 지식경제부, pp.17, 2008.
- [2] KS C 8321 : 배선용차단기, 한국표준협회, 2002.
- [3] KS C IEC 60898-1 : 주택용 및 이와 유사한 용도의 과전류 보호용 차단기 제1부 : 교류용차단기, 한국표준협회, 2009.
- [4] KS C IEC 61009-1 : 주택용 및 이와 유사한 용도의 과전류 보호 장치를 가진 누전차단기(RCBO) 제1부 : 일반 요구사항, 한국표준협회, 2009.
- [5] KS C IEC 60947-2 : 저전압 개폐장치 및 제어장치 제2부 : 차단기, 한국표준협회, 2009.

## ◆ 저자소개 ◆



### 김주철(金柱鐵)

1974년 1월 20일생. 1992년 숭덕공업고등학교 전기과 졸업. 2007년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2009년 서울산업대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 서울특별시 지방기능경기대회 옥내배선 입상. 1991년 전국기능경기대회 옥내배선 입상. 직업능력개발훈련교사. 품질경영시스템 인증심사원. 1998년 호서교육문화 서울공과 전기학원 강사. 2002년~현재 상도전기통신(주) 부설연구소 소장.



### 임정균(林定均)

1960년 6월 20일생. 1979년 서울 북공업고등학교 전기과 졸업. 2004년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2007년 서울산업대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년~현재 (주)준영이엔씨 사장.



### 이상중(李尙中)

1955년 1월 10일생. 부산공업고등전문학교 전기과 5년 졸업. 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1988년 GE PSEC 수료. 충남대학교대학원 졸업(박사). 1995년 한국전력공사 전력연구원 부장. 1996년 한국전력공사 보령화력본부 부장. 1998년~현재 서울과학기술대학교 전기공학과 교수.